

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

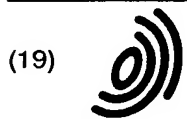
Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 829 649 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.03.1998 Patentblatt 1998/12

(51) Int. Cl.⁶: **F15C 5/00**

(21) Anmeldenummer: 97113980.3

(22) Anmeldetag: 13.08.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV RO SI

(30) Priorität: 17.09.1996 DE 19637878

(71) Anmelder:
FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER
ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.
80636 München (DE)

(72) Erfinder:
Richter, Martin, Dipl.-Phys.
81675 München (DE)

(74) Vertreter:
Schoppe, Fritz, Dipl.-Ing. et al
Schoppe & Zimmermann
Patentanwälte
Postfach 71 08 67
81458 München (DE)

(54) **Mikroventil mit vorgespannter Ventilkappenstruktur**

(57) Bei einem Mikroventil (10) mit einer Auflagestruktur (12), einer Durchlaßöffnung (13), durch die Auflagestruktur (12), und einer mechanisch vorgespannten, zumindest einseitig befestigten Ventilklappe (11), die in ihrem unbetätigten Zustand von der Auflagestruktur (12) weggebogen ist und die Durchlaßöffnung (13) öffnet und in ihrem betätigten Zustand an der Auflagestruktur (12) anliegt und die Durchlaßöffnung (13)

verschließt, ist eine elektrisch isolierende Beschichtung (17) vorgesehen, die auf der der Auflagestruktur (12) zugewandten Seite der Ventilklappe (11) angeordnet ist und die Ventilklappe (11) mechanisch vorspannt. Die Beschichtung (17) liegt im Bereich der Befestigung der Ventilkappe (11) auf der Auflagestruktur auf, um die Ventilkappe (11) elektrisch von der Auflagestruktur (12) zu isolieren.

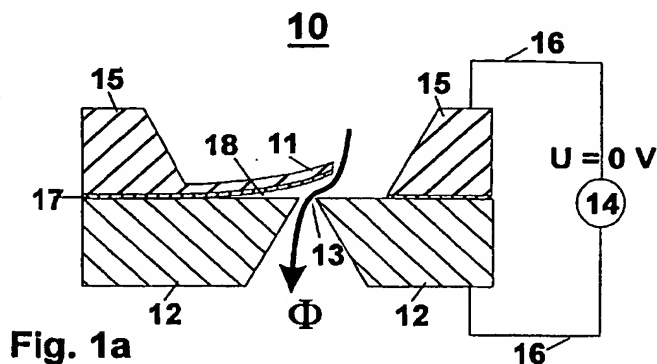


Fig. 1a

EP 0 829 649 A2

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Ventile und insbesondere auf elektrostatisch angetriebene Silizium-Mikroventile.

Ein bekanntes Mikroventil ist in der US-A-4,585,209 beschrieben. Fig. 4 zeigt schematisch einen Ausschnitt dieses Mikroventils 40 in Querschnittsdarstellung. Das Mikroventil 40 weist eine Ventilplatte 41 mit einer Ventilöffnung 42 auf, durch welche das Fluid fließt. Über der Ventilöffnung 42 in der Ventilplatte 41 ist ein einseitig befestigtes Ventilbauglied 43 angeordnet. Das Ventilbauglied 43 ist an seinem befestigten Abschnitt mit einer Trage- oder Rahmenstruktur 44 verbunden. Zwischen dem Rahmen, dem einseitig befestigten Ventilbauglied 43 und der Ventilplatte 41 ist eine elektrisch isolierende Schicht 45 vorgesehen, die das Ventilbauglied 43 von der Ventilplatte 41 elektrisch trennt, um einen Ladungsfluß zwischen dem Ventilbauglied 43 und der Ventilplatte 41 zu verhindern.

Mittels äußerer Betätigungskräfte kann das Ventilbauglied 43 bezüglich der Ventilplatte 41 bewegt werden, derart, daß die Ventilöffnung 42 durch das Ventilbauglied 43 geschlossen bzw. geöffnet werden kann.

Im Betrieb ist der Einlaß (bzgl. Fig. 4 unter der Ventilplatte 41) des Mikroventils 40 mit einer unter Druck stehenden Quelle (nicht gezeigt) für einen Fluidfluß Φ verbunden. Der Druck, der auf das einseitig befestigte Ventilbauglied 43 ausgeübt wird, bewirkt, daß sich das Ventilbauglied 43 nach oben biegt, wie es durch das gestrichelt dargestellte Ventilbauglied 43 in Fig. 4 angezeigt ist. Der Pfeil in Fig. 4 stellt die Richtung des Fluidflusses Φ durch das Mikroventil 40 dar. Die gestrichelte Darstellung des Ventilbauglieds 43 in Fig. 4 zeigt die vollständig geöffnete Position des Mikroventils 40.

Das Mikroventil 40 wird betätigt, indem eine Spannungsquelle 46 über Leitungen 47 eine elektrische Potentialdifferenz zwischen der Ventilplatte 41 und dem Ventilbauglied 43 anlegt. Dadurch fließen Ladungen auf die sich gegenüberliegenden Seiten der beiden Bauteile 41, 43, wodurch die Bauteile unterschiedlich gepolt werden. Diese Ladungen ziehen sich gegenseitig an, wodurch das nicht befestigte Ende des Ventilbauglieds 43 zu der Ventilplatte 41 bewegt wird. Das Mikroventil 40 mit geschlossenem Ventilbauglied 43 ist in Fig. 4 mit durchgezogenen Linien dargestellt.

Da ein derartiges Mikroventil 40 durch den Druck des durchfließenden Fluidflusses Φ tendenziell geöffnet wird, bzw. der Fluß Φ des Fluids durch Schließen des Ventilbauglieds 43 unterbrochen wird, indem eine Potentialdifferenz zwischen dem Ventilbauglied 43 und der Ventilplatte 41 angelegt wird, besteht ein Nachteil des bekannten Mikroventils 40 darin, daß ein derartiges Mikroventil 40 nur in einer Fluidflußrichtung betreibbar ist.

Die US-A-5,176,358 betrifft ein mikrostrukturiertes Gasventil mit einer Ventilstruktur mit mehreren Öffnun-

gen. Jeder der Öffnungen ist eine Verschlussplatte zugeordnet. Die Ventilstruktur umfaßt ein Substrat, in dem die Öffnung gebildet ist. Ferner ist auf dem Substrat eine dielektrische Schicht angeordnet, aus der die Verschlussplatte und ein Ventilsitz gebildet ist. Durch den unteren Teil der Schicht ist der Ventilsitz gebildet, durch den sich die Öffnung erstreckt. Beabstandet von dem Ventilsitz durch einen Zwischenraum, welcher sich durch die Herstellung unter Verwendung einer Opferschicht aus Aluminium einstellt, befindet sich die Verschlussklappe, welche aus dem dielektrischen Material der Schicht besteht. Im Inneren der Ventilsitzstruktur sind Elektroden vorgesehen, welche zu einem Anschluß führen. Im Inneren der Ventilplatte ist eine weitere Elektrode vorgesehen, welche zu einem Anschluß 104 herausgeführt ist. Durch Bewegen der Platte derart, daß sie in Kontakt mit der dielektrischen Schicht ist, die die Ventilsitzstruktur definiert, wird das Ventil geschlossen. Dies wird dadurch erreicht, daß an die beiden Anschlüsse eine Spannung angelegt wird. Beim Anlegen gleicher Potentiale an den Anschlüssen kehrt die Platte aufgrund einer internen elastischen Rücksetzkraft in ihre offene Position zurück.

Der Artikel "A NEW BISTABLE MICROVALVE USING AN SiO_2 BEAM AS THE MOVEABLE PART" von J.H. Babaei u.a. betrifft ein bistabiles Mikroventil, welches ein SiO_2 -Bauelement als bewegliches Teil umfaßt. Die Struktur umfaßt eine Ventilplatte, eine untere Elektrode, eine Beabstandung und einen Siliziumwafer als mechanische Basis. Die Ventilplatte besteht aus Chrom, welches mit einer Siliziumdioxidschicht beschichtet ist, die longitudinal unter Spannung steht, so daß diese elektrostatisch nach oben bzw. nach unten verbogen werden kann, um das Ventil zu öffnen bzw. zu schließen. Zur Betätigung des Ventils bedarf es einer Spannung von 68 Volt, um das Ventil zu schließen, wohingegen es einer Spannung von 120 Volt bedarf, um dieses Ventil zu öffnen.

Die DE 29603364 U1 betrifft ein Mikroventil, bei dem sowohl die Ventilklappe als auch der Ventilsitz aus einem verbiegbaren Material hergestellt sind. Die WO 92/22763 A1 betrifft ein Miniaturbetätigungselement, bei welchem eine Membran durch ein elektrisches Feld zwischen der Membran und einem Träger bewegt wird. Die EP 0469749 A1 betrifft ein Steuerungsventil, das durch die mechanische Verbiegung eines Elements gesteuert wird.

Ausgehend von diesem Stand der Technik der liegt vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Mikroventil und ein Verfahren zu dessen Herstellung zu schaffen, wobei das Mikroventil ohne angelegte Betätigungsspannung und ohne das Einwirken von pneumatischen Kräften eine geöffnete Durchlaßöffnung aufweist und zur Betätigung nur eine geringe Betätigungsspannung erforderlich ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Mikroventil gemäß dem Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren gemäß dem Patentanspruch 7 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Mikroventil mit einer Auflagestruktur, einer Durchlaßöffnung, die sich durch die Auflagestruktur erstreckt, einer mechanisch vorgespannten, zumindest einseitig befestigten Ventilklappe, die in ihrem unbetätigten Zustand von der Auflagestruktur weggebogen ist und die Durchlaßöffnung öffnet und in ihrem betätigten Zustand an der Auflagestruktur anliegt und die Durchlaßöffnung verschließt, und einer elektrisch isolierenden Beschichtung, die auf der der Auflagestruktur zugewandten Seite der Ventilklappe angeordnet ist und die Ventilklappe mechanisch vorspannt, wobei die Beschichtung im Bereich der Befestigung der Ventilklappe auf der Auflagestruktur aufliegt, um die Ventilklappe elektrisch von der Auflagestruktur zu isolieren.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroventils, mit folgenden Schritten: Bilden einer Durchlaßöffnung in einer Auflagestruktur, Bilden einer mechanisch vorgespannten, zumindest einseitig befestigten Ventilklappe in einem Ventilsitz, die in ihrem unbetätigten Zustand von der Auflagestruktur weggebogen ist und die Durchlaßöffnung öffnet und in ihrem betätigten Zustand an der Auflagestruktur anliegt und die Durchlaßöffnung verschließt, Anordnen einer elektrisch isolierenden Beschichtung, die die Ventilklappe unter eine Vorspannung setzt, auf der der Auflagestruktur zugewandten Seite der Ventilklappe, und Zusammenfügen der mit der Durchlaßöffnung versehenen Auflagestruktur und des Ventilsitzes, derart, daß die Ventilklappe die Durchlaßöffnung verschließen kann und die Beschichtung zwischen dem Ventilsitz und der Auflagestruktur angeordnet ist und im Bereich der Befestigung der Ventilklappe auf der Auflagestruktur aufliegt.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detaillierter erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1a eine prinzipielle Querschnittsansicht eines Mikroventils mit geöffneter Ventilklappe gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 1b eine prinzipielle Querschnittsansicht eines Mikroventils mit geschlossener Ventilklappe gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.
- Fig. 2 eine prinzipielle vergrößerte Querschnittsansicht eines Mikroventils gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 3a eine perspektivische Ansicht einer an zwei benachbarten Kanten zweiseitig eingespannten Ventilklappe.
- Fig. 3b eine perspektivische Ansicht einer an zwei

gegenüberliegenden Kanten zweiseitig eingespannten Ventilklappe.

Fig. 3c eine perspektivische Ansicht einer dreiseitig eingespannten Ventilklappe.

Fig. 4 eine prinzipielle Querschnittsansicht eines Mikroventils gemäß dem Stand der Technik.

Fig. 1a stellt schematisch den Aufbau eines Mikroventils 10 mit einer geöffneten Ventilklappe 11 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung dar. Eine einseitig eingespannte, mechanisch vorgespannte Ventilklappe 11 ist über einer Auflagestruktur 12 angeordnet. Die Auflagestruktur 12 weist eine Durchlaßöffnung 13 auf, durch welche ein Fluidfluß Φ , dessen Richtung durch den in Fig. 1a gezeichneten Pfeil schematisch dargestellt ist, fließen kann. Über Zuleitungen 16 sind ein Ventilsitz 15, der mit der Ventilklappe 11 elektrisch und mechanisch verbunden ist, und die Auflagestruktur 12 mit einer Spannungsquelle 14 verbunden. Der Ventilsitz 15 besteht vorzugsweise aus Silizium, wobei derselbe auch aus anderen geeigneten Materialien hergestellt sein kann. Durch die Spannungsquelle 14 kann eine Potentialdifferenz zwischen dem Ventilsitz 15 bzw. der Ventilklappe 11 und der Auflagestruktur 12 angelegt werden, wodurch die Ventilklappe 11 geschlossen werden kann. Die Dicke des Siliziums der vorgespannten Ventilklappe 11 liegt z.B. in der Größenordnung von 5 μm bis 50 μm , wobei die lateralen Abmessungen derselben beispielsweise in der Größenordnung von 500 μm bis 5 mm liegen können.

Die Ventilklappe 11 wird mittels einer geeigneten Beschichtung 17 auf Druck mechanisch vorgespannt, wobei die Beschichtung 17 sowohl als Maskierung für einen vorangegangenen Ätzschritt (z.B. beim KOH-Ätzen der Ventilklappe 11) als auch als elektrische Isolierung zwischen dem Ventilsitz 15 bzw. der Ventilklappe 11 und der Auflagestruktur 12 dienen kann. Ferner kann zusätzlich zu der mechanisch vorgespannten Ventilklappe 11 auch die Auflagestruktur 12 mit einer isolierenden Schicht (in den Fig. nicht gezeigt) bedeckt sein. Diese zusätzliche isolierende Schicht verbessert zusätzlich die elektrische Durchbruchfestigkeit beim Anlegen einer Betätigungsspannung.

Die Dicke der Beschichtung 17, die die mechanische Vorspannung erzeugt, liegt beispielsweise in der Größenordnung von 0,2 μm bis 1,5 μm . Die Beschichtung 17 kann aus Si_3N_4 , SiC , Si-Oxid oder Kombinationen derselben bestehen. Durch diese mechanische Vorspannung (z.B. eine möglichst hohe Druckspannung von etwa -1500 MPa bei Si_3N_4) biegt sich die einseitig eingespannte Ventilklappe 11 nach einer Befestigung an der Auflagestruktur 12 von der Durchlaßöffnung 13 weg.

Das Mikroventil 10 wird betrieben, um den Fluidfluß Φ zu steuern. Durch die Durchlaßöffnung 13 in der Auflagestruktur 12 kann, wenn ein Überdruck von oben

(Fig. 1a) und eine elektrische Betätigungsspannung von $U = 0$ V an dem Mikroventil 10 anliegen, das Fluid um die durch die mechanische Vorspannung aufgebogene Ventilklappe 11 herum, durch die Durchlaßöffnung 13 fließen. Die durch die mechanische Vorspannung auf die Ventilklappe 11 wirkenden, tendenziell öffnenden Kräfte sind bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung so ausgelegt, daß diese Kräfte das Mikroventil 10 in einem geöffneten Zustand halten, solange der Druck des in Fig. 1a gezeichneten Fluidflusses Φ einen durch die mechanische Vorspannung eingestellten Nenndruck nicht überschreitet.

Liegen dagegen Drücke an, die größer als der Nenndruck sind, wird die Ventilklappe 11 geschlossen, auch wenn keine elektrische Betätigungsspannung ($U = 0$ V) anliegt. Das Mikroventil 10 gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist somit bei Fluidrücken über dem Nenndruck selbstschließend.

Eine elektrische Betätigungsspannung ($U = 0$ V), die zum Betätigen der Ventilklappe 11 in Schließrichtung notwendig ist, kann durch einen elektrostatischen Wanderkeil 18, d.h. durch die Konfiguration von elektrostatischen Kräften zwischen der Ventilklappe 11 und der Auflagestruktur 12, klein gehalten werden. Da die Ventilklappe 11 und die Auflagestruktur 12 in der Verbindungsregion derselben im wesentlichen nur durch die Dicke der Beschichtung 17 voneinander getrennt sind, treten zwischen der Ventilklappe 11 und der Auflagestruktur 12 in dieser Region auch bei kleinen Betätigungsspannungen hohe elektrische Feldstärken auf. Der Bereich der hohen Feldstärken wandert beim Schließen der Ventilklappe 11 mit der Region mit, in der die Ventilklappe 11 bereits im wesentlichen parallel zu der Auflagestruktur 12 angeordnet ist. Dadurch können sehr niedrige Betätigungsspannungen ($U < 50$ V) realisiert werden, da der elektrostatische Wanderkeil 18 den wesentlichen Anteil der Schließkräfte liefert. Bei herkömmlichen, aktiven, normalerweise offenen Mikroventilen mit elektrostatischen Schaltkräften existiert zwischen der Ventilklappe und der Auflagestruktur eine konstante Beabstandung von einigen Mikrometern, so daß eine relativ hohe Betätigungsspannung von ca. 180 Volt zum Schalten nötig ist, da hier kein elektrostatischer Wanderkeil vorhanden ist. Der Betriebszustand mit geschlossener Ventilklappe 11 ist in Fig. 1b in Form einer prinzipiellen Querschnittsansicht dargestellt.

Ein zweites Ausführungsbeispiel eines Mikroventils 10 mit vorgespannter Ventilkappenstruktur ist in einer vergrößerten, prinzipiellen Querschnittsansicht in Fig. 2 dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind kleine Abstandshöcker 21 entweder auf der vorgespannten Ventilklappe 11 oder auf der Auflagestruktur 12 oder auf beiden angebracht. Die Höhe dieser Abstandshöcker 21 kann in der Größenordnung von $0,1 \mu\text{m}$ bis $1 \mu\text{m}$ liegen, wobei die Querschnittsabmessungen der Abstandshöcker 21 in der Größenordnung von $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ bis $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ liegen können. Die Abstände

zwischen benachbarten Abstandshöckern 21 liegen in der Größenordnung von $500 \mu\text{m}$ bis $2000 \mu\text{m}$.

Die Funktion der Abstandshöcker 21 besteht darin, bei einem geschlossenen Mikroventil 10, d.h. wenn eine elektrische Betätigungsspannung angelegt ist oder der Nenndruck überschritten ist, die direkte Kontaktfläche zwischen der vorgespannten Ventilklappe 11 und der Auflagestruktur 12 zu minimieren, um Anhafteffekte, die aufgrund des Eindringens von Ladungen in die Isolation bei großen Feldstärken auftreten können, zu minimieren. Die Abstandshöcker 21 werden entweder durch einen Abscheideprozeß (z.B. Sputtern) aufgebracht oder aus dem Siliziummaterial des Ventilsitzes 15 oder der Ventilklappe 11 herausgeätzt. Im Gegensatz zu der soeben beschriebenen Ausführungsform können die Abstandshöcker auch unterhalb der Basisschicht liegen.

In den Fig. 3a bis 3c sind drei weitere Ausführungsformen mechanisch vorgespannter Ventilkappen 11 perspektivisch dargestellt. Fig. 3a zeigt eine an benachbarten Kanten zweiseitig eingespannte, mechanisch vorgespannte Ventilklappe 11a. Fig. 3b zeigt eine an gegenüberliegenden Kanten zweiseitig eingespannte, mechanisch vorgespannte Ventilklappe 11b. Fig. 3c zeigt eine dreiseitig eingespannte, mechanisch vorgespannte Ventilklappe 11c.

Durch die mechanische Vorspannung der Ventilkappen 11a-c ist jeweils eine Struktur realisiert, in der ein elektrostatischer Wanderkeil 18 wirken kann. Die Einspannung der Ventilkappen 11a-c kann an den Kanten ein- oder mehrmals unterbrochen sein, um die Ventilkappenstruktur flexibler zu gestalten. Der Vorteil einer an zwei oder drei Kanten eingespannten Ventilklappe 11 besteht darin, daß derartige Ventilkappen 11 gegenüber Druckstößen eine vergrößerte Robustheit aufweisen.

Beschränkt man sich bei der Herstellung von Mikroventilen nicht auf ein anisotropes Ätzen von $\langle 100 \rangle$ Silizium mit KOH, so sind beliebig geformte (runde, ovale, dreieckige, etc.) Ventilkappen 11 herstellbar, die jeweils an einigen Stellen nicht mit dem Ventilsitz 15 verbunden sind und sich dort durch die mechanische Vorspannung aufbiegen können. Die Ventilkappen 11a-c können wegen der Keilstruktur, d.h. aufgrund ihrer nicht überall parallelen Anordnung zu der Auflagestruktur 12, mit relativ kleine Betätigungsspannungen die Durchlaßöffnung 13 schließen.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung gegenüber herkömmlichen Ventilvarianten besteht darin, daß die öffnenden Kräfte der Ventilklappe 11 und damit die normalerweise offene ("normally open") Stellung durch die mechanische Vorspannung einer Beschichtung 17 eingestellt wird, wobei bei anderen bekannten Ventilen die normalerweise offene Stellung durch die Aufhängung der Ventilkappenstruktur vorgenommen werden muß. Die Aufhängung der Ventilkappenstruktur begrenzt bei bekannten Mikroventilen eine weitere Miniaturisierung. Im Gegensatz dazu können Mikroventile gemäß der

vorliegenden Erfindung mit sehr geringen Abmessungen (z.B. 3 mm x 3 mm) hergestellt werden, wodurch die Herstellungskosten gering gehalten werden.

Die öffnenden Kräfte bei der Ventilklappe 11 der vorliegenden Erfindung werden vor allem durch die mechanische Vorspannung in der Maskierungsschicht bestimmt, wodurch die öffnenden Kräfte von der Geometrie der Ventilkappenstruktur unabhängig sind.

Ein oft auftretendes Problem sind die Leckraten des Mikroventils 10, z.B. wegen des Verkippens der Ventilkappenstruktur gegenüber der Auflagestruktur 12. Bei dem Mikroventil 10 der vorliegenden Erfindung ist eine Verkippung wesentlich unwahrscheinlicher, da zwei planpolierte Strukturen aneinander befestigt werden, wodurch sehr gute Abdichteigenschaften erreicht werden.

Eventuell auftretende Anhafteffekte, die aufgrund des Eindringens von Ladungen in die Isolation bei hohen Feldstärken auftreten können, können beim Betrieb eines Mikroventils ein Problem darstellen. Diese Effekte können durch eine bipolare Ansteuerung des Mikroventils 10 sowie durch die Realisierung der Abstandshöcker 21, die vorher beschrieben wurden, verhindert werden.

Der Durchfluß durch das Mikroventil 10 kann ausgehend von der mechanischen Vorspannung der vorgespannten Ventilklappe 11 durch ein Modell berechnet werden kann. Wichtige Optimierungsparameter für das erfindungsgemäße Mikroventil 10 sind: mechanische Vorspannung der Beschichtung 17, Dicke, Länge, Breite der Ventilklappe 11, Lage und Form der Durchlaßöffnungsfläche, Lage und Form des Fluidflusses Φ , Dicke der Beschichtung 17. Wichtige Betriebsparameter sind: Einlaß- und Auslaßdruck und Betätigungsspannung. Wichtige Stoffgrößen für das Modell sind: Adiabatenkoeffizient, Dichte und Viskosität des zu steuernden Fluids. Die elektrostatischen Schließkräfte können zunächst mit einfachen Modellen abgeschätzt werden, wobei Modelle für den elektrostatischen Pumpenbetrieb entsprechend modifiziert übernommen werden können.

Patentansprüche

1. Mikroventil (10) mit folgenden Merkmalen:

einer Auflagestruktur (12);

einer Durchlaßöffnung (13), die sich durch die Auflagestruktur (12) erstreckt;

einer mechanisch vorgespannten, zumindest einseitig befestigten Ventilklappe (11), die in ihrem unbetätigten Zustand von der Auflagestruktur (12) weggebogen ist und die Durchlaßöffnung (13) öffnet und in ihrem betätigten Zustand an der Auflagestruktur (12) anliegt und die Durchlaßöffnung (13) verschließt; gekennzeichnet durch

eine elektrisch isolierende Beschichtung (17), die auf der der Auflagestruktur (12) zugewandten Seite der Ventilklappe (11) angeordnet ist und die Ventilklappe (11) mechanisch vorgespannt, wobei die Beschichtung (17) im Bereich der Befestigung der Ventilklappe (11) auf der Auflagestruktur aufliegt, um die Ventilklappe (11) elektrisch von der Auflagestruktur (12) zu isolieren.

2. Mikroventil (10) gemäß Anspruch 1, mit

einer Vorrichtung zum Anlegen einer Betätigungsspannung zwischen der Ventilklappe (11) und der Auflagestruktur (12).

3. Mikroventil (10) gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem

zwei aneinander angrenzende Seiten der Ventilklappe (11) gegenüber der Auflagestruktur (12) festgelegt sind.

4. Mikroventil (10) gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem

zwei gegenüberliegende Seiten der Ventilklappe (11) gegenüber der Auflagestruktur (12) festgelegt sind.

5. Mikroventil (10) gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem

drei Seiten der Ventilklappe (11) gegenüber der Auflagestruktur (12) festgelegt sind.

6. Mikroventil (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem

zwischen der Ventilklappe (11) und der Auflagestruktur (12) Abstandshöcker (21) vorgesehen sind.

7. Verfahren zum Herstellen eines Mikroventils (10), mit folgenden Schritten:

Bilden einer Durchlaßöffnung (13) in einer Auflagestruktur (12);

Bilden einer mechanisch vorgespannten, zumindest einseitig befestigten Ventilklappe (11) in einem Ventilsitz (15), die in ihrem unbetätigten Zustand von der Auflagestruktur (12) weggebogen ist und die Durchlaßöffnung (13) öffnet und in ihrem betätigten Zustand an der Auflagestruktur (12) anliegt und die Durchlaßöffnung (13) verschließt;

Anordnen einer elektrisch isolierenden Beschichtung (17), die die Ventilklappe (11) unter eine Vorspannung setzt, auf der der Auf-

lagestruktur (12) zugewandten Seite der Ventilklappe (11); und

Zusammenfügen der mit der Durchlaßöffnung (13) versehenen Auflagestruktur (12) und des Ventilsitzes (15), derart, daß die Ventilklappe (11) die Durchlaßöffnung (13) verschließen kann und die Beschichtung (17) zwischen dem Ventilsitz (15) und der Auflagestruktur (12) angeordnet ist und im Bereich der Befestigung der Ventilklappe (11) auf der Auflagestruktur (12) aufliegt.

8. Verfahren zum Herstellen eines Mikroventils (10) gemäß Anspruch 7, bei dem

zwei aneinander angrenzende Seiten der Ventilklappe (11) gegenüber der Auflagestruktur (12) befestigt werden.

9. Verfahren zum Herstellen eines Mikroventils (10) gemäß Anspruch 7, bei dem

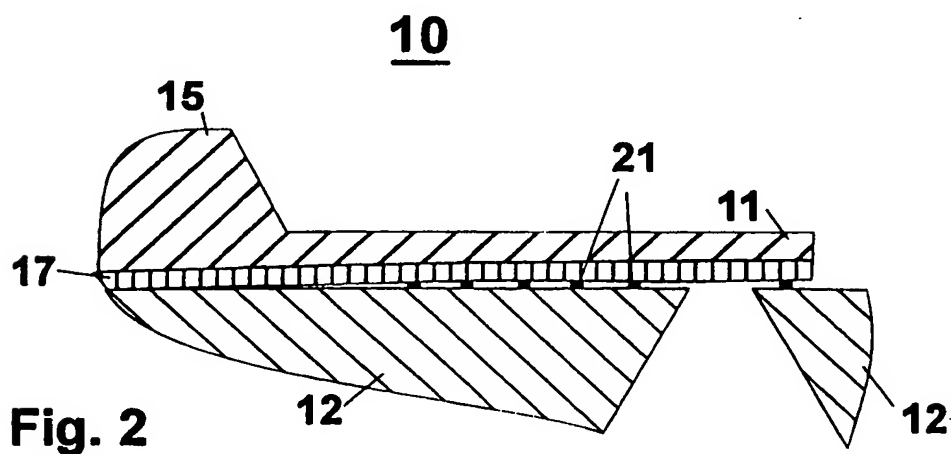
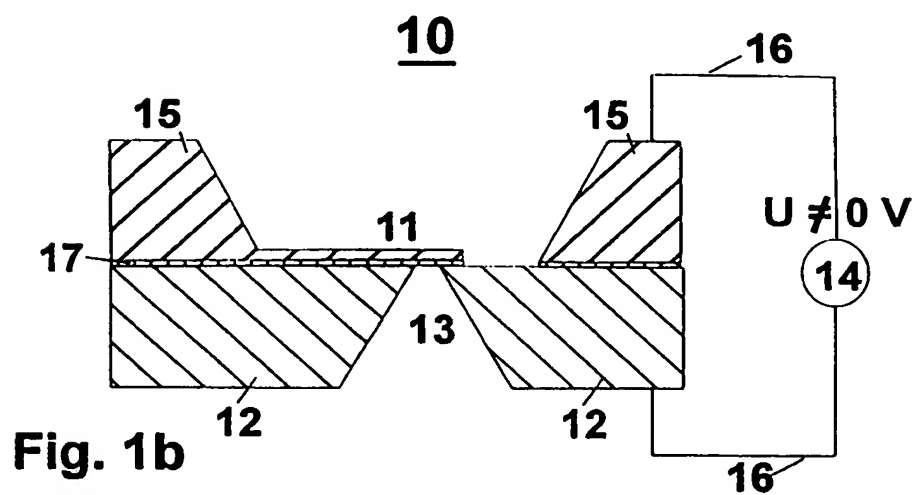
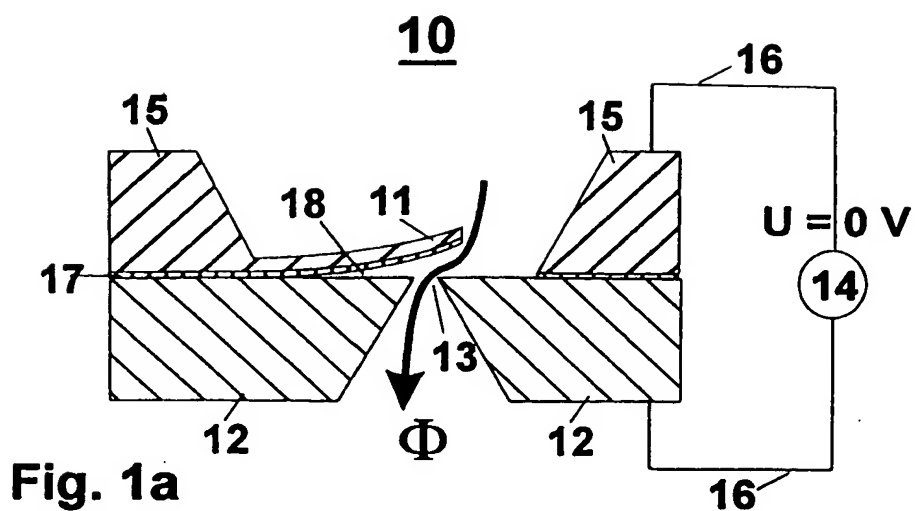
zwei gegenüberliegende Seiten der Ventilklappe (11) gegenüber der Auflagestruktur (12) befestigt werden.

10. Verfahren zum Herstellen eines Mikroventils (10) gemäß Anspruch 7, bei dem

drei Seiten der Ventilklappe (11) gegenüber der Auflagestruktur (12) befestigt werden.

11. Verfahren zum Herstellen eines Mikroventils (10) gemäß einem der Ansprüche 7 bis 10, bei dem

zwischen der Ventilklappe (11) und der Auflagestruktur (12) Abstandshöcker (21) gebildet werden.



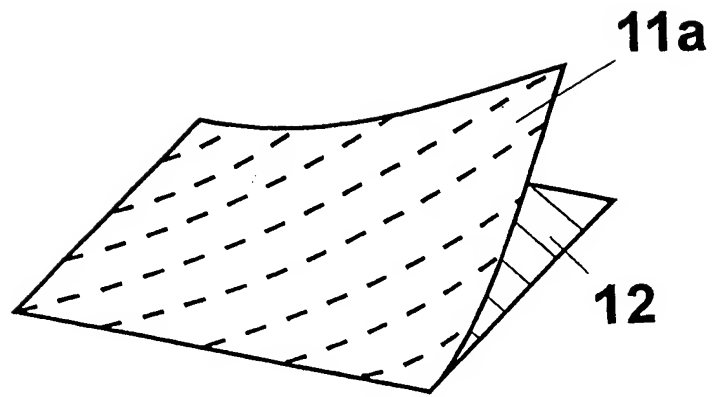


Fig. 3a

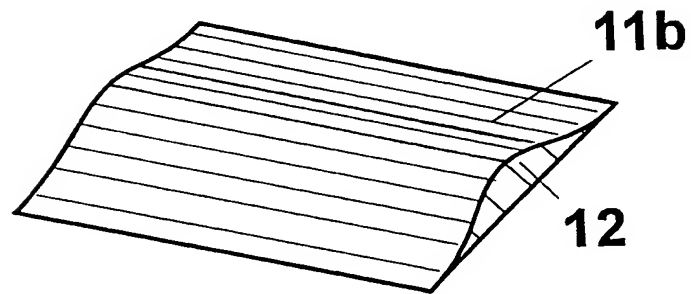


Fig. 3b

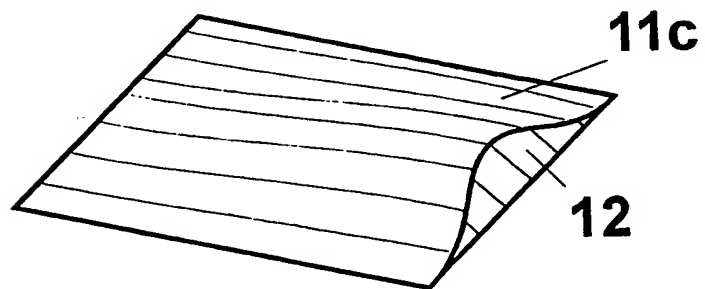


Fig. 3c

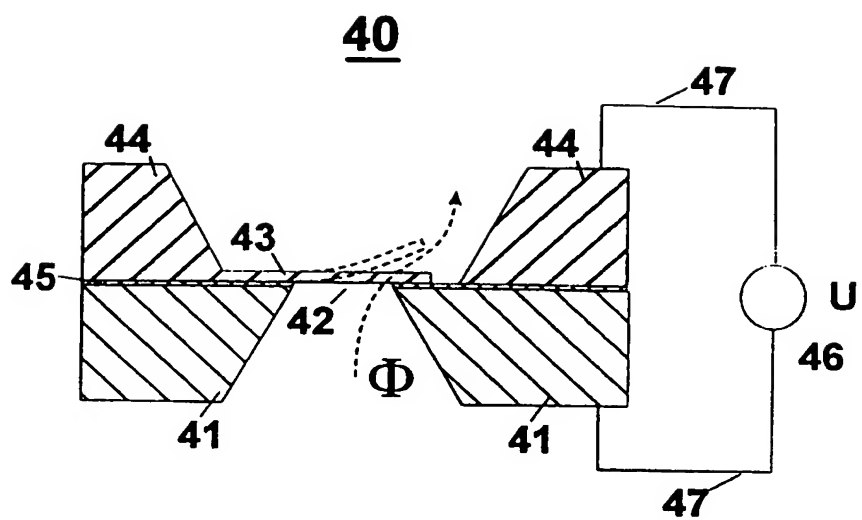
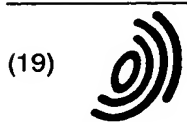


Fig. 4 (Stand der Technik)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11) **EP 0 829 649 A3**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(88) Veröffentlichungstag A3:
04.11.1998 Patentblatt 1998/45

(51) Int. Cl.⁶: **F15C 5/00**

(43) Veröffentlichungstag A2:
18.03.1998 Patentblatt 1998/12

(21) Anmeldenummer: **97113980.3**

(22) Anmeldetag: **13.08.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV RO SI

(72) Erfinder:
**Richter, Martin, Dipl.-Phys.
81675 München (DE)**

(30) Priorität: **17.09.1996 DE 19637878**

(74) Vertreter:
**Schoppe, Fritz, Dipl.-Ing. et al
Schoppe & Zimmermann
Patentanwälte
Postfach 71 08 67
81458 München (DE)**

(71) Anmelder:
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER
ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.
80636 München (DE)**

(54) **Mikroventil mit vorgespannter Ventilkappenstruktur**

(57) Bei einem Mikroventil (10) mit einer Auflagestruktur (12), einer Durchlaßöffnung (13), durch die die Auflagestruktur (12), und einer mechanisch vorgespannten, zumindest einseitig befestigten Ventilkappe (11), die in ihrem unbetätigten Zustand von der Auflagestruktur (12) weggebogen ist und die Durchlaßöffnung (13) öffnet und in ihrem betätigten Zustand an der Auflagestruktur (12) anliegt und die Durchlaßöffnung (13) verschließt, ist eine elektrisch isolierende Beschichtung (17) vorgesehen, die auf der der Auflagestruktur (12) zugewandten Seite der Ventilkappe (11) angeordnet ist und die Ventilkappe (11) mechanisch vorspannt. Die Beschichtung (17) liegt im Bereich der Befestigung der Ventilkappe (11) auf der Auflagestruktur auf, um die Ventilkappe (11) elektrisch von der Auflagestruktur (12) zu isolieren.

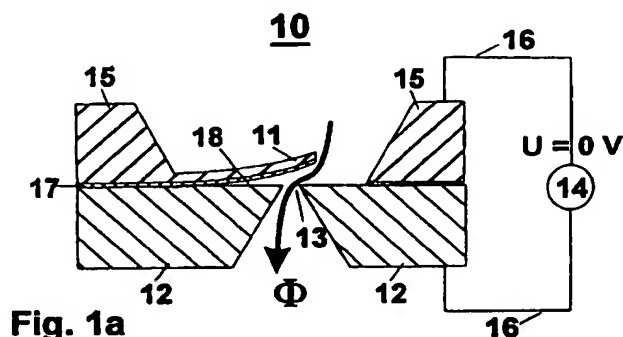


Fig. 1a

EP 0 829 649 A3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 11 3980

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	CH 684 209 A (WESTONBRIDGE INTERNATIONAL) 29. Juli 1994 * Spalte 4, Zeile 40 - Zeile 44; Abbildungen 3A, 3B *	1, 2, 7	F15C5/00
Y	WO 92 22763 A (DANFOSS) 23. Dezember 1992 * Seite 10, Absatz 2; Abbildungen 1, 6 *	1, 2, 7	
D, A	US 5 176 358 A (BONNE) 5. Januar 1993 * Spalte 6, Zeile 19 - Zeile 32; Abbildung 5 *	1, 2, 7	
A	US 4 231 287 A (SMILEY) 4. November 1980 * Spalte 3, Zeile 32 - Zeile 43; Abbildung 1 *	1, 7	
D, A	DE 296 03 364 U (FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE) 18. April 1996		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F15C F04B B81B B81C
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 8. September 1998	
		Prüfer SLEIGHTHOLME, G	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P4/C03)